

# 포터블 광 저장기술의 동향분석

Technical Review of Portable Optical Data Storage

## IT 핵심부품기술 특집

백문철 (M.C. Paek)

포터블스토리지팀 팀장

강광용 (K.Y. Kang)

단말부품연구부 부장

## 목 차

- .....
- I. 머리말
  - II. 정보저장 기술의 진화
  - III. 광 정보저장 기술
  - IV. 포터블 저장장치의 특성
  - V. 최후의 승자는?
  - VI. 결론

정보서비스의 발전에 따라 개인이 휴대하는 단말기 및 개인가전 제품에 장착되는 포터블 저장장치의 수요가 급증하고 있다. 정보의 저장기술의 진화에 따른 디지털 정보저장 기술의 현재를 살펴보고, 광디스크 저장기술을 중심으로 한 포터블 저장기술의 특성을 분석하였다. 현재에는 포터블 저장장치로서 플래시메모리를 기반으로 하는 메모리 카드를 비롯하여 초소형 HDD가 주류를 이루고 있는데, 미래형 포터블 광디스크 및 네트워크 저장장치에 대한 현재와 미래를 살펴 보았으며 각각의 장단점을 검토하였다. 각각의 정보저장 기술은 기술적 특성과 수요의 형태에 따라 서로 경쟁적인 관계에서 정해진 시장을 잠식하는 구조가 아니라, 상호 보완관계를 유지하면서 고유의 특성을 지닌 채 동반 발전할 것으로 분석되었다.

## I. 머리말

첨단정보가 담긴 500원 동전크기의 디스크를 손에 넣기 위하여 압투를 벌이는 첩보전은 불과 수 년 전의 SF 영화나 미래소설에 자주 등장하는 메뉴이였으며 정보기술 발전의 한 단면을 나타내는 소재이기도 하였다. 그러나 최근의 정보기술 발전 속도는 이러한 상황을 실제로 가능하도록 만들었으며 이미 첩보원뿐 아니라 일반인들도 쉽게 접할 수 있게 되었다. 누구든지 간편하게 대량의 정보를 가지고 다니면서 언제 어디서나 자유롭게 접속함으로써 시공을 초월한 유비쿼터스 정보화 시대에 살고 있는 것이다. 보다 작은 크기에, 보다 많은 정보를, 보다 빠른 속도로, 보다 안정적으로, 보다 싼 가격으로 저장하려고 하는 기술의 발전속도는 이미 상상을 불허하는 단계에 이르고 있다. USB 메모리로 인식되어 있는 플래시 메모리 기술은 2005년도에 16GB 시대를 선언하였고, 하드디스크 또한 직경 0.85인치에 4GB를 저장하는 제품이 등장하였다. 반도체 기술에서 이미 경험한 “무어의 법칙”(매 16개월마다 반도체 집적도가 2배씩 증가한다는)은 “황의 법칙”(매 12개월로 단축)에 의해 그 발전속도가 더욱 증가되었고 이 법칙은 정보저장의 기록밀도 증가속도에 그대로 적용되고 있다. 해마다 전문가들에 의해 언급되어 왔던 물리적인 한계는 새로운 기술, 새로운 개념의 등장으로 계속 극복되어 왔으며 향후 어떠한 기술이 어떻게 나타나서 어떤 모습의 세계를 펼쳐갈지 전문가들조차도 예측하기가 쉽지 않다[1],[2].

최근에는 정보단말기가 개인화, 간편화, 휴대화하면서 10여 년 전에 우리 생활 속에 등장한 휴대전화의 경우 여러 가지 통신기능 이외에 정보 및 엔터테인먼트 기능을 포함하는 다목적 포터블 기기로서 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 급격한 변화는 정보의 대량공급 및 다양한 이용효과를 유발하여 정보화 사회의 거의 모든 분야에서 이미 많은 기술적, 문화적 혁신을 가져오고 있다. 카메라 폰의 일반화에 이어 MP3 폰, DMB 폰의 등장으로 개인 가전기기와의 역할구분이 모호해지는 것 등이 그 예로 볼 수

있다. 따라서 포터블 정보기기에서도 검색, 처리 및 저장해야 할 정보의 양은 기하급수적으로 늘어나게 되고 이러한 정보의 홍수 속에서 사용자에게 유용한 정보를 검색하고, 기록 저장하는 일은 정보보안 문제와 함께 매우 중요한 기능으로 떠오를 것이며 사용자의 지적 수준을 결정짓는 도구가 될 수도 있는 것이다. 또한 비디오, 메일, 영상녹화, 대형 게임의 수행, 대형 소프트웨어의 실행 등을 위해서는 포터블 기기에서의 정보저장 용량을 데스크톱 PC나 노트북 수준으로 요구할 것이며 이미 상당한 부분에서는 이러한 전망을 예측하고 이에 적합한 기술개발 노력에 박차를 가하고 있다. 포터블 저장장치의 시장규모 또한 매년 증가하여 전체 정보저장 시장에서 차지하는 비율이 2000년 5%에서 2003년 12%, 2010년에는 25% 이상으로 확대될 것으로 전망된다[3].

본 글에서는 정보저장장치 중에서 이동식의 정보기기에 장착하거나 독립적 형태의 저장기능을 갖춘 포터블 저장장치 기술 중에서 특히 광저장 기술을 중심으로 현재와 미래를 살펴보기로 한다. 현 시점에서 가장 큰 주목을 받고 있는 플래시 메모리 기반의 메모리 카드, 자기 디스크 기반의 초소형 HDD 및 광디스크 저장장치를 기술적인 측면 및 경제적인 측면에서 살펴보고 향후 등장할 것으로 기대되는 미래기술에 대하여 전망하기로 한다.

## II. 정보저장 기술의 진화

정보기록의 역사는 인류의 역사보다 더 오래되었다고 할 수 있다. 문자의 발명 이후를 역사시대, 이전을 선사시대라고 할 때 동굴벽화나 암각화 등 최초의 정보기록 형태는 이미 선사시대부터 있었기 때문이다. 문자가 있기 전에 인류의 조상들은 눈으로 인식된 여러 가지 정보를 잊지 않기 위하여 벽화와 같은 그림의 형태로 기록을 했을 것이다. 그 이후 문자가 발명되면서 그림뿐만 아니라, 음성을 비롯한 감정이나 상황 등 무형의 정보도 기록, 저장이 가능하게 되었고 이러한 저장방법은 발전을 거듭하면서 수천 년 간을 지속하여 왔다. 사진기술이 발명되고

인쇄기술이 발명되었어도 문자와 그림을 기본으로 한 정보의 기록형태는 크게 바뀌지 않았으며 19세기에 이르러 음성을 전기신호로 변환하여 자기장의 형태로 기록하는 방식이 등장해서야 비로소 정보저장의 획기적인 변화가 시작되었다고 할 수 있다. 이 방법은 셀룰로이드 테이프에 자성체 박막을 얇게 도포하여 전기적인 신호를 자성체의 자화 신호로 변환하여 보존하는 방식으로, 비디오, 오디오 정보뿐 아니라 대량의 정보를 장기간 기록, 보존하는 데에 오늘날까지도 매우 중요하게 활용되고 있으며 아날로그 정보저장의 대표적인 수단이 되고 있다.

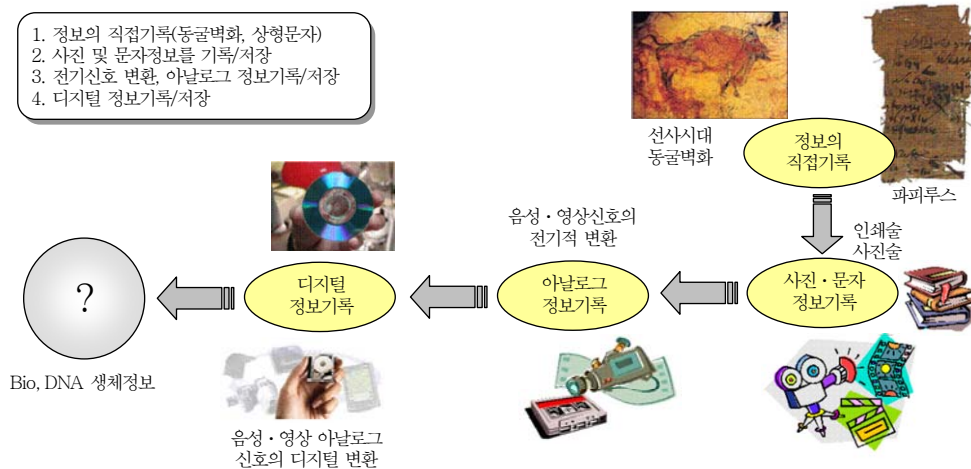
1945년 최초의 컴퓨터인 ENIAC이 발명된 이후 음성, 문자, 화상 등의 정보를 아날로그 전기신호가 아닌 새로운 개념의 디지털 신호로 변환하는 시스템 차원의 변화가 시작되었다. 즉, 컴퓨터는 논리, 연산, 기록, 검색 등의 모든 작업을 “0”과 “1”의 2진법 디지털 신호로 처리하므로 정보의 저장방식에도 큰 변화를 가져오게 되었다. 자기장의 세기 변화를 기록하던 방법에서 단순히 0과 1만을 기록하는 방법으로 전환되었다. 오늘날에는 컴퓨터를 이용하지 않는 정보저장 기능은 상상하기 어려우며 데이터뿐 아니라 음성, 영상을 비롯한 대부분의 정보는 디지털의 형태로 저장되고 검색되며 사용되어 지고 있다. 디지털 정보저장은 자기기록의 형태를 테이프에서

디스크로 변환하여 오늘날의 하드디스크가 성장하게 되었으며 레이저를 이용한 기술로서 CD, DVD 등의 광디스크가 A/V 분야의 한 역할을 담당하게 되었다. 디지털 정보저장 이후의 방법은 생체를 이용하든지 또는 전혀 새로운 개념의 방법이 등장할 것으로 보인다. (그림 1)은 이러한 정보저장의 진화 단계를 보인 것이다[4].

### Ⅲ. 광 정보저장 기술

#### 1. 광디스크 기술

광디스크는 초기 음악감상용 CD에서 시작하여 비디오 CD, 레이저 디스크, MD, PD 등 여러 가지 형태가 있어 왔으나 현재에는 CD와 DVD 계열이 대부분을 차지하며, 차세대의 대용량 디스크로 BD 및 HD-DVD가 다음 세대의 기술로서 등장하고 있다. 기술의 발전 진화단계로 볼 때에 가장 진화된 형태인 광디스크는 초기에 개발되었을 때 표준규격의 디스크를 사용하는 대용량 저장장치 기술로 각광을 받았으나, 레이저 광의 회절한계에 의한 기록용량의 제한으로 현재는 자기 디스크인 HDD에 비하여 정보 기록밀도와 용량 및 속도에서 크게 뒤쳐져 있는 현실이다.



(그림 1) 정보저장의 진화단계

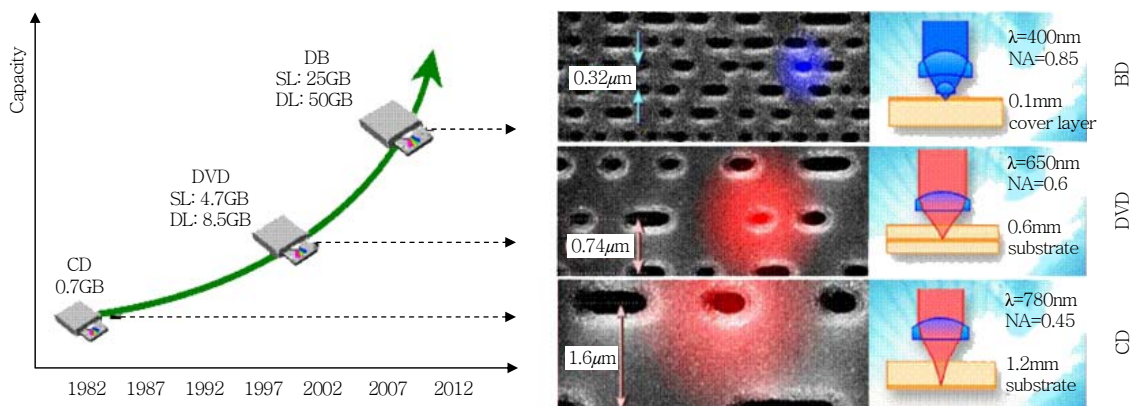
(그림 2)는 CD, DVD 및 BD로 진화하는 광디스크 기술의 용량과 기록비트의 모습을 보인 것이다. 광디스크의 형태는 polycarbonate 기판 위에 종류에 따라 반사층, 기록층, 유전층 등을 적층하고 트랙이라고 하는 미세한 홈이 원주방향을 따라 표면에 형성한 모습으로 되어 있다. 이 트랙에는 미세한 피트가 배열되어 있는데 집속된 레이저 빔이 회전하는 디스크 상에서 이 피트를 읽으면서 반사율의 차이에 따라 “0”과 “1”의 디지털 신호를 읽는 원리이다. 그림과 같이 CD 계열에서는 780nm 파장의 적외선을, DVD 계열에서는 650nm 파장의 적색을, BD 계열에서는 405nm 파장의 청색 레이저를 광원으로 사용한다. 파장이 짧아지면 최소 광점의 크기가 작아져 높은 밀도의 기록이 가능하다. 또한 트랙 간의 간격인 트랙피치가 좁아지므로 2차원 일정 크기의 디스크 내에서 기록밀도를 높일 수 있다. 이러한 광디스크는 재생 및 기록방법에 따라 여러 가지로 구분되는데, 음악 CD나 CD-ROM 등은 저장하고자 하는 정보를 디지털화하여 생산 시에 이러한 비트를 기록하여 제작되는 것이고, 1회 기록형인 CD-R, DVD-R 등은 특수염료를 사용하는데 레이저 광에 의해 변색이 되면 반사율이 변화함으로써 비트신호를 기록하고 재생하는 원리이다. 그러므로 사용자가 직접 레이저를 이용하여 원하는 정보를 기록할 수 있으며 사진의 현상 인화와 같이 1회 기록만이 가능하다. CD-RW, DVD-RW 및 BD-RE 계열의 반복

기록형 디스크에서는 GST로 알려진 GeSbTe 계의 상변환 기록매체를 사용하는데, 레이저 광을 집속 가열하여 국부적인 비정질 상변화를 일으켜서 반사율 차이로써 디지털 정보를 기록한다.

광디스크는 드라이브로부터 착탈식으로 분리할 수 있고 매체의 제작단가가 매우 저렴하다는 특징을 가지고 있으며, CD 및 DVD와 같이 표준규격이 엄격히 정해져 있기 때문에 하나의 드라이브로 다수의 매체를 재생, 기록할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 기록매체가 견고하여 내충격성이 우수하며 온도변화 및 진동에도 비교적 강하고 정보의 보존기간에서도 반 영구적인 것으로 알려져 있다. 반면에 비교적 느린 접속속도와 데이터 전송속도로 정보기기의 CPU를 보조하는 기능 및 고속 데이터 저장, 처리, 검색보다는 A/V 및 게임 등의 엔터테인먼트용의 저장매체로 많이 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 비약적인 기술의 발전으로 조만간에 자기 디스크나 반도체 메모리 저장장치에 필적할 만한 고밀도 및 전송속도가 가능한 제품이 등장할 것으로 전망되어 대용량 정보저장뿐 아니라 포터블 저장장치 분야에서도 새로운 혁신을 가져올 것으로 기대되고 있다.

## 2. 포터블 광디스크 기술

1999년 미국의 Dataplay 사에서는 DVD를 축소시킨 형태의 소형 광저장장치인 Dataplay를 선보이



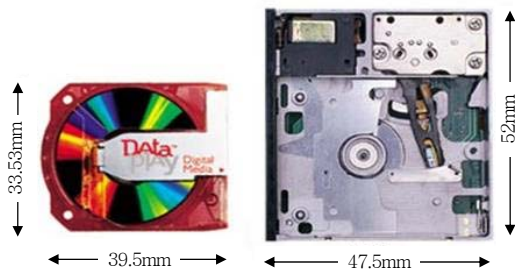
(그림 2) 광디스크 기술의 진화에 따른 용량 및 기록비트의 형태변화



고 2002년 국내의 MP3 업체인 아이리버사와 합작 생산을 하였다. 이 기기는 직경 32mm 디스크에 양면 500MB의 데이터를 저장할 수 있는 충분한 용량의 획기적인 기술로 기대되었으며 작은 사이즈로 인한 이동성과 자체 mp3 player를 내장하는 등의 엔터테인먼트 기능, 데이터 정보의 기록, 저장기능을 갖추어 각광을 받을 것으로 예상되었었다. 그리고 단일기록형인 기록매체의 가격도 MB당 단가가 2센트에 불과해 플래시 메모리에 비해 크게 유리한 점 등이 부각되었다. 기술적으로는 부피를 줄이기 위해 swing arm 형식의 픽업구동장치를 채택하였으며 DVD와 같은 광학계를 사용하였다[5].

(그림 3)은 Dataplay의 장치 및 매체의 형태를 보인 것이다. 그러나 Dataplay사는 실제 사용에 있어 쉽지 않은 사용방법 및 자체적인 자금난을 이유로 2002년 9월에 생산을 중단하였다. 실패원인으로는 시장진입 시기를 맞추지 못한 점과 수요자의 사용 편리성을 고려하지 못한 점 등이 분석되었다. 즉, 가격은 저렴하지만 플래시 메모리에 비해 부피가 크고 사용이 불편한 점이 크게 작용한 것으로 해석되었다. 말하자면 당시 수준에서는 이동성 정보기기에 500MB 용량의 대용량 정보를 필요로 하는 분야가 많지 않아 새로운 수요를 창출하지 못한 것으로 해석된다. 실제로 업무용이나 개인정보저장용으로는 플래시 메모리의 용량으로도 충분히 감당할 수 있으며 접속속도가 느리고 사용방법이 불편한 것이 가장 큰 원인이었다.

Philips 사에서는 2004년 청색 레이저를 사용하여 30mm 직경의 디스크에 1GB를 기록하는 초소형



(그림 3) Dataplay의 드라이브 및 매체의 형태

디스크 드라이브 Portable Blue를 개발하여 발표하였다. (그림 4)는 시작품으로 개발한 디스크 및 드라이브의 형태를 보인 것이다. 기존의 BD를 축소한 개념으로 제작되었으며 Philips사의 자체 electronics를 사용하였다. 그러나 아직 상용화는 하지 않고 있으며 기술적으로도 해결되지 않은 부분이 있는 것으로 알려져 있다[6]. 국내에서도 ETRI를 비롯한 삼성전자, 삼성전기 및 LG 전자 등에서 많은 연구가 이루어지고 있다. (그림 5)는 ETRI에서 수행한 연구 결과의 일부로서 CF-II(Compact Flash type II) 규격의 포터블 광 저장장치의 형태를 보인 것이다. Philips의 Portable Blue와 크기는 거의 동일하지만 광픽업의 구동방법과 디스크의 장착 방법 등에서 서로 다른 기술을 채택하고 있다. 직경 28mm 디스크에 1.0GB 이상의 용량을 목표로 하며, ETRI에서 개발한 고유기술이 적용된 픽업 헤드 및 구동장치 기술을 장착하였다[7].



(그림 4) Philips사의 청색레이저 초소형 디스크드라이브 Portable Blue의 형태



(그림 5) ETRI의 연구과제로 수행한 초소형 광디스크 드라이브(CF-II 규격)

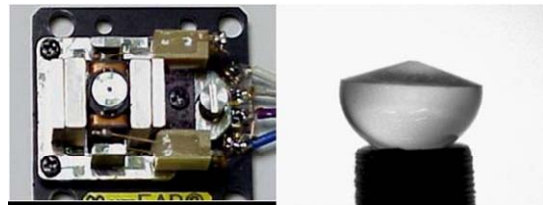
### 3. 차세대 광 정보저장 기술

광디스크 기술은 CD, DVD 및 BD가 상품화되어 있으며 혁신적인 기술이었음에도 불구하고 느린 접근속도와 용량의 한계로 자기 디스크에 비하여 발전 속도 및 미래전망이 밝지 못한 편이다. 그러나 저가격의 디스크 매체와 표준규격에 의한 이동성, 대량 배포가 용이한 점 등의 장점을 최대한으로 이용할 경우 차세대의 저장장치로서 가능성은 충분한 것으로 보인다.

광 저장장치의 대용량 및 고속 성능을 위하여 국내외 연구기관 및 기업을 중심으로 시도되고 있는 기술들은 크게 다음과 같이 분류된다. BD 이후 차세대 기술로서 연구되고 있는 기술은 크게 디스크 형태를 유지하는 것으로서는 1) 근접장을 이용한 NFR 기술과 2) 디스크 미디어 내부에 초해상 재생 기술을 적용하는 superRENS 기술이 있으며 기타 새로운 개념의 광 스토리지 기술로서는 3) 3차원 기록/재생기술인 홀로그래픽 메모리 기술과 4) 나노탐침을 이용하는 SPM 기술이 있다. 포터블 광저장을 위해서는 상기의 최신 기술을 그대로 적용하면서, 시스템의 크기가 감소함에 따른 별도의 기술개발이 요구된다. 여기에서는 12cm 직경의 표준규격을 가지는 광디스크를 기준으로 한 차세대 기술을 소개하기로 한다[8].

1) 먼저, 근접장을 이용한 기술은 기존의 far field 광기록 기술이 가지는 회절한계를 극복하기 위한 것으로서 파장보다 훨씬 작은 직경의 초미세 조리개(aperture)를 사용하는 방법과 SIL를 사용하는 기술이 광저장장치에 적용을 목표로 연구되어 왔다. 그러나 근접장의 범위가 광원과 매체 사이의 수십 nm 근거리에서 제한되므로 미소간극 조절기술, 디스크 표면의 오염 및 열화문제, 그리고 광효율이 낮고 고속화가 어려운 문제 등이 걸림돌이 되어 한동안 기술적 진보를 보지 못해왔다. 미세 조리개를 이용하는 기술은 초기 Bell Lab. 등에서 근접장 현미경에 응용하기 위하여 연구되었으나, 광저장장치에 적용하기 위해서는 광의 출력효율이 너무 낮고 미소간극

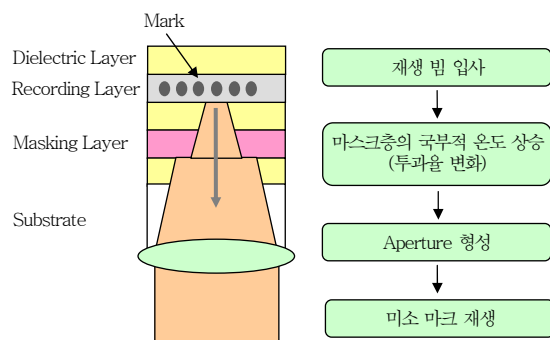
유지문제로 광픽업과 디스크를 분리할 수 없다는 것이 난제로 되어 왔다. 그리고 효율이 낮은 만큼 조리개 부위에 열이 집적되는 문제가 해결과제로 남아 있다. SIL을 사용하는 것은 1996년경 미국의 Terastor사에서 근접장 광저장장치 기술을 발표한 이후 활발한 연구활동을 보였으나 역시 미소간극 문제가 가장 큰 걸림돌이 되어 상용화에 장애로 인식되었으며 그 이후 한동안 연구결과가 발표되지 않았다. 그런데 최근 일본의 Sony와 네덜란드의 Philips에서 SIL을 사용하면서 미소간극 조절 및 데이터의 기록/재생에서 고속특성을 가지는 기술을 개발하여 이 분야에 대한 연구는 다시 진전을 보게 되었다. (그림 6)은 일본의 Sony에서 개발한 근접장 기술로서 SIL을 장착한 광픽업 및 자체 고안된 SIL의 형태를 보인 것이다. FIB을 이용하여 SIL의 형태를 conical로 가공함으로써 기존 방식의 문제점들을 해결한 것으로 알려져 있다. 미소간극은 1000rpm의 고속 회전 시에도 30nm 간극을 유지할 수 있으며, 청색 레이저 광원을 사용하여 단면 112GB의 용량과 36Mbps의 기록속도를 구현할 수 있다고 하였다[8].



(그림 6) Sony사에서 발표한 근접장 광픽업 및 장착된 SIL의 형태

2) SuperRENS 기술은 근접장을 미디어 매체에 적용한 기술로 초해상 기록장치로 알려져 있다. 이것은 광픽업의 광학계를 이용하여 근접장을 형성하는 기존의 기술과 달리 디스크 매체 내에 근접장 원리를 적용하여 광회절 한계 이하의 광점을 형성하는 개념이다. 따라서 미소간극을 유지하는 문제가 없어지는 장점이 있다. 이것은 Sb 박막이 강한 레이저에 의해 불투명에서 투명한 상태로 변환하는 원리를 이용하여 디스크 매체 내에서 Sb 층의 미세 조리개를

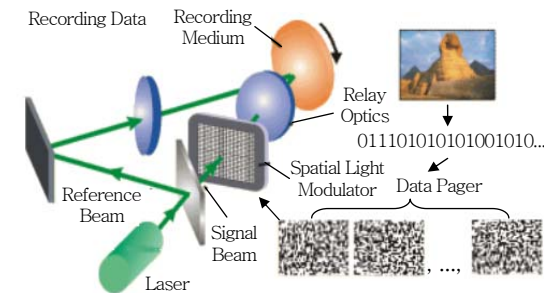
형성하고 이로 인한 근접장 광점을 얻어내는 것을 기본으로 한다[9]. 그 후 Sb 대신에  $Ag_xO$  층 및  $Pt_xO$  층을 광 산란층으로 활용하여 미세 근접장 광점을 형성하는 2, 3세대 기술이 개발되었으며[10], 최근에는 표면 플라즈몬에 의한 나노 광산란 기술을 연구하는 단계에 있다. 실제로 광 저장장치의 구현의 상용화를 위하여 필요 조건인 CNR 40dB 이상을 달성하여 데이터의 재생에 무리가 없음을 증명하였으며 상용화할 경우 100GB 이상의 저장용량이 가능한 것으로 알려져 있다. (그림 7)은 이러한 superRENS 기술에 대한 개념을 설명하기 위한 것으로 디스크에 입사된 레이저 빔이 회절한계 이하의 초미세 광점을 형성하는 원리를 나타낸 것이다. 여기에서는 Sb 층이 미세 조리개인 원도 역할을 함으로써 매체 내에서 근접장 광점을 형성하는 과정을 보이고 있다. 이 기술의 장점은 기존의 DVD나 BD 드라이브 시스템을 그대로 적용하며 디스크를 드라이브로부터 분리하는 데에 아무 문제가 없다는 데에 있다. 반면에 상대적으로 재생을 위하여 높은 광출력이 요구되며, 근접한 트랙과의 cross talk 문제가 미해결 과제로 남아 있다. 그리고 superRENS의 메커니즘이 아직 확실하게 규명되어 있지 않은 것 외에 대한 실험 및 이론적인 고찰이 다소 부족한 점이 본격적인 상용화를 위하여 풀어야 할 과제이다.



(그림 7) SuperRENS의 설명을 위한 개념도. Mask 층이 국부적 열에 의해 투명하게 변하여 미세 조리개가 됨

3) 홀로그래픽 메모리 기술은 기존의 광디스크 저장장치가 2차원의 평면 상에 데이터의 기록 및 재

생이 이루어지는 반면에 3차원의 공간에서 페이지 단위의 데이터 입출력이 이루어진다는 특징이 있다. 즉, 기록하고자 하는 데이터는 (그림 8)과 같이 SLM를 통하여 2차원 페이지의 명암으로 변환되고 이는 다시 신호 레이저에 의해 신호빔(signal beam)으로서 통과하게 된다. 이 신호빔과의 간섭무늬를 형성하기 위하여 기준빔(reference beam)을 사용하며, 결과적으로 두 빔의 간섭에 의해 생기는 간섭무늬가 홀로그램 소재에 기록되는 것이다. 재생 시에는 기록 시에 사용되었던 기준 빔을 이용하여 2차원 간섭무늬를 영상으로 전환하고 이를 CCD 또는 CMOS 카메라를 이용하여 디코딩함으로써 초기의 입력 정보를 얻어내는 것이다. 초기에는 홀로그램용 단결정체인  $LiNbO_3$ 에 기록하는 기술이 연구되었으나 소재의 개발이 난제가 되어 그 가능성이 불투명해진 상태이고 현재에는 폴리머를 이용한 디스크형 홀로그램 메모리가 상용화에 근접해 있다. 현재까지의 연구동향은 지난 2005년 10월에 일본의 Optware사에서 200GB급의 디스크형 홀로그램 메모리 기술의 상용화를 발표하였고, 미국 및 국내 일부 업체에서 활발한 연구를 하고 있으며 본격적으로는 2006년 이후 상용화 연구가 활발해질 것으로 보고 있다. 국내에서도 대기업 및 대학교 연구기관에서 연구가 진행중이며, 국가연구개발사업으로 진행중에 있다. 이 기술은 아직 이동식으로 초소형화에는 거리가 있는 것으로 보이며 상용화에 있어 가장 가능성이 있는 분야로서 대용량 정보의 검색을 위한 용도로 먼저 적용될 것으로 전망된다.

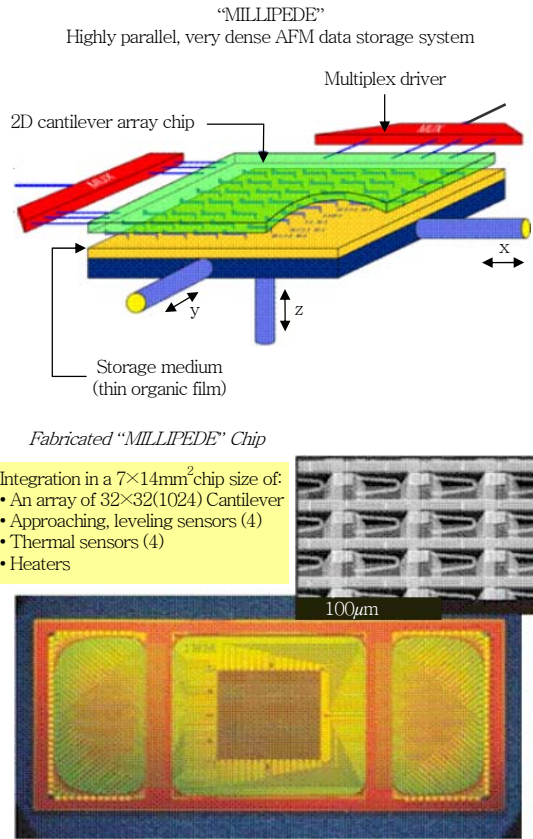


(그림 8) 홀로그램 메모리의 원리를 설명하기 위한 그림



4) 나노탐침을 이용하는 기술은 탐침에서 열, 자기 및 유전특성 등 이용하는 방법에 따라 여러 가지로 분류할 수 있는데 여기에서는 광을 이용하는 방법에 대해 논의하고자 한다. 일반적으로 광은 파장  $\lambda$ 와 렌즈의 개구율(NA)에 의해 최소 광점이 정해지는 이른바 회절한계를 가지게 되므로 궁극적으로는 저장용량의 한계를 맞게 된다. 이를 극복하는 방법 중의 하나가 탐침을 이용하는 것인데, 근접장의 하나로서 미세 탐침의 끝에 작은 조리개를 장착하는 기술은 오래 전부터 연구되었으나 광의 효율이 너무 낮고 첨단 부분에서 발생하는 열에 의해 쉽게 열화되는 현상이 최대 단점으로 지적되고 있다. 최근에는 microwave 안테나에서 힌트를 얻어 전자기파의 하나인 광파에 적용하고자 시도된 것으로서 표면 플라즈마에 의한 광집적 현상 적용기술을 들 수 있다. 이것은 특수하게 고안된 구조의 금속박막과 레이저 빔과의 상호 공명현상에 의해 매우 미소한 영역으로 집중된 광의 증폭이 일어나는 것으로서 이론적으로는 수십 nm 범위에서 수천 배의 광집적이 발생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 상용화와는 아직 거리가 먼 것으로 판단되며 해결해야 할 난제도 많은 실정이다. 실제로는 나노탐침을 이용하되 광보다는 기계적, 열적 특성 및 자기저항 등을 이용하는 방법이 더 활발하게 연구되고 있다. 그 중의 하나가 IBM Zurich 연구소에서 소개된 바 있는 millipede로서 탐침어레이를 이용해서 고속, 대용량의 초소형 저장장치를 구현하는 것이다[11].

(그림 9)와 같이 수천 개의 탐침으로 형성된 2차원의 탐침어레이를 제작하고 각각의 탐침이 정해진 영역에서 x,y,z 방향으로 수 nm씩 이동하면서 데이터를 기록, 재생하도록 하는 것이다[11]. 탐침의 크기 및 x,y,z nanostage의 정확도에 따라 이 저장장치의 용량이 결정되지만, 현재로서는 우표크기의 탐침 어레이로부터 10GB 이상의 대용량 정보저장이 가능하다고 주장하고 있다. 이와 유사한 형태의 저장장치는 Carnegie Mellon 대학에서도 연구되고 있으며 국내에서는 KETI에서 일부 기술을 개발하고 있다. 이론적으로는 250Gbit/in<sup>2</sup> 이상의 기록밀도를 구



(그림 9) IBM에서 발표한 Millipede 및 개별 탐침의 모습

현할 수 있을 것으로 보고 있으나 상용화를 위해서는 아직 넘어야 할 산이 많은 분야이기도 하다.

#### IV. 포터블 저장장치의 특성

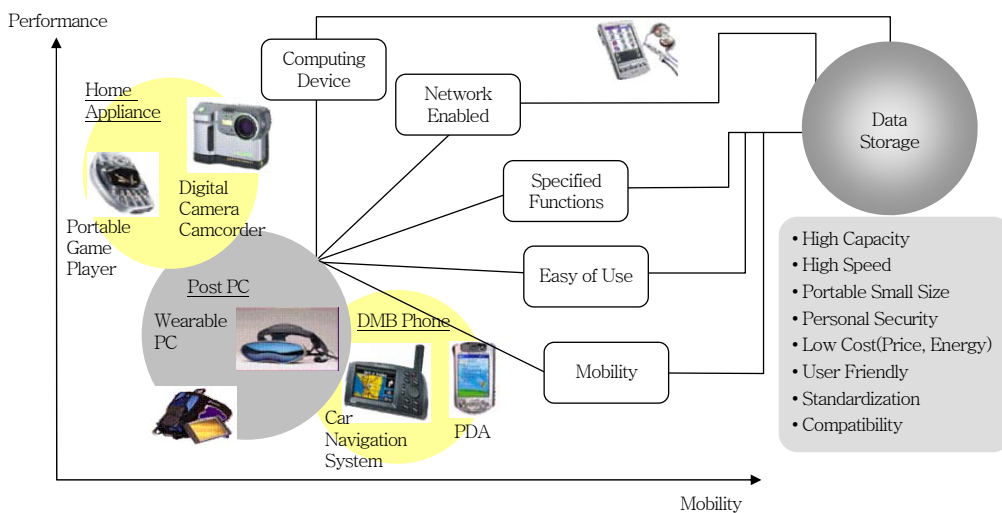
고도의 정보화 사회가 진행됨에 따라 개인의 정보량도 더욱 커지고, 이를 쉽게 교환하고, 휴대할 수 있는 시스템이 요구되고 있다. 정보의 양은 매년 거의 2배씩 증가하고 이를 소통시키는 네트워크 서비스 기술도 엄청난 속도를 발전하고 있는 것이 이를 가능하게 하고 있는 것이다. 머지않아 WiBro 서비스가 상용화되고, DMB 서비스를 일반적으로 널리 활용하게 될 경우 개인의 정보단말기는 현재보다 훨씬 더 큰 용량을 필요로 할 것이며 이를 검색, 처리하는 능력이 필수적으로 자리하게 될 것이다. 여기



에서는 정보화 추세의 발전방향에 따라 요구되는 포터블 저장장치의 특성을 살펴보기로 한다[4].

- 1) 고속특성: 정보서비스 네트워크의 속도에 따라 저장장치 또한 고속 검색 및 액세스 특성을 가져야 한다. 이는 점차 대용량화, 고급화하는 정보의 형태에 따라 수요자가 원하는 정보를 정확하고 신속하게 제시하기 위하여 반드시 필요한 사항이다.
- 2) 대용량: 정보의 고급화에 따라 동일한 정보라 하더라도, 문자에서 이미지, 동영상, 고화질 비디오, 3차원 비디오 등의 단계를 거치면서 용량이 증가한다. 이 증가속도는 “황의 법칙”을 따르고 있으며 이를 충족하기 위한 기술개발이 뒤따라야 한다.
- 3) 크기 및 무게: 저장장치 시스템의 크기가 작아서 휴대에 편리해야 하나, 너무 작아서 취급이 불편하거나 분실의 우려가 큰 정도는 아닌 것이 좋을 것으로 보인다. 결과적으로 현재의 메모리 카드 정도의 크기가 가장 적당한 것으로 생각되며, 결국 동일한 체적 내에 정보의 밀도를 개선하는 방향으로 발전해야 한다.
- 4) 정보의 보안: 정보화 시대의 빛에 대응하는 그림자효과로서 스팸메일이나, 해킹 등의 부정적인

- 요소를 배제할 수 없으며 정보의 양이 증가하면 할수록 이러한 위험은 더욱 증폭될 것이다. 이에 따라 정보의 보안을 위한 암호기술이나 정보보호를 위한 하드웨어 보호장치가 필요로 할 것이다.
- 5) 가격: 경제적인 측면에서 수요자에게 가까이 접근하기 위해서는 저장장치의 가격이 매우 중요한 요소가 된다. 최근의 기술발전 속도에 의하면 GB당 저장장치의 단가가 계속 하락하여 매년 거의 1/2 수준으로 감소하는 실정이며, 새로운 기술이 계속 등장하면서 이러한 가격 하락추세는 지속되어질 것으로 보인다.
- 6) 저 전력소모: 소모 전력량의 감소가 요구된다. 이는 이동 단말기의 주요 전력소모원인 저장장치의 기술개발로 반드시 달성되어야 하는 문제이기도 하다. 전력원인 전지의 효율 개선도 필요하지만 저장장치의 전력소모량을 개선하는 것이 더욱 큰 효과를 가져올 수 있을 것이다.
- 7) 사용의 편의성: 수요자의 입장에서 사용이 편리해야 한다. 주로 20, 30대 젊은층을 대상으로 했던 현재까지의 이동단말기의 수요층은 용도가 다양해지면서 미래에는 전체 연령층으로 확대될 것으로 예상되므로 단순한 기능과 편리한 사용법으로 누구든지 쉽게 접근할 수 있어야 할 것이



(그림 10) 포터블 저장장치의 성능과 응용분야 및 요구기능에 대한 도표

- 다. 예를 들어 장애인이나 노인층에게도 쉽게 이용할 수 있도록 개선되어야 한다.
- 8) 표준규격화: 가능하면 포터블 저장장치는 표준규격으로 정해지는 것이 좋을 것이다. 그것은 고정식의 하드 디스크나 대형 스토리지 시스템과 달리 이동식에서는 상호 데이터를 교환하거나 배포하는 일이 많아질 것이며, 비교적 적은 데이터 저장용량으로 인해 자주 저장장치를 바꾸는 일이 생길 것이기 때문이다. 광디스크의 경우는 이미 표준규격화 되어 있으나 메모리 카드 및 초소형 HDD의 경우는 별도의 표준규격을 정하여 호환성을 갖도록 하는 노력이 필요할 것으로 보인다.
- 9) 호환성: 기존의 저장장치에 저장되어 있는 데이터를 그대로 활용하기 위해서는 어느 정도까지는 호환성을 가지는 것이 유리할 것으로 보인다. 또한 상호 저장장치 간의 데이터 이동이 자유롭게 되면 수요가 더욱 늘어날 것으로 생각된다.
- (그림 10)은 이러한 포터블 저장장치의 성능, 응용분야 및 요구기능을 나타낸 것이다[4]. 서비스의 기술발전 방향 및 수요자의 인식변화 등에 따라 달라질 가능성이 있지만 기본적으로는 이와 같은 사항을 충족시켜야 할 것이다. 즉, 네트워크와의 연계성, 기본적인 기능 및 특화된 기능의 구분, 사용의 편의성과 이동성이 그것이다.

## V. 최후의 승자는?

2005년 현재 시점에서 볼 때에 이동식 정보단말기에 장착되는 저장장치로서 가장 큰 시장과 전망을 가지고 있는 것은 플래시 메모리를 기반으로 하는 메모리 카드이다. 반도체 기술에 의한 메모리이므로 속도, 안정성, 저 소비전력, 사용편이성, 내충격성 및 크기 등 거의 모든 분야에서 가장 우수한 특성을 가지고 있다. 초기 등장할 때에 비하여 GB당 단가는 수백 분의 일로 감소하였고 수요 또한 매년 2배 이상의 속도로 증가하고 있으며, 수요의 폭도 정보단

말기에서 개인 가전용품으로 확장하고 있다. 최근에는 16GB급의 플래시 메모리 기술이 발표되어 가격의 하락 및 용량 증가를 예견하고 있으며 기존의 디스크형 저장장치를 모두 대체할 것이라는 견해도 나오고 있는 실정이다. 그러나 단위 용량 당 단가에서는 아직 디스크 형태의 HDD나 ODD와 직접 비교하는 것은 시기상조인 것으로 판단된다[12].

초소형 HDD의 경우 0.85인치 직경의 초소형 디스크에 4GB를 저장하는 제품이 등장하였고, 가격의 하락속도도 플래시 메모리와 거의 비슷한 수준에 있으므로 메모리 단가가 서로 역전되는 경우는 예상하기 쉽지 않다. 또한 최근의 나노공정 및 수직자기기록 방식에 의한 기술 혁신으로 TB급의 HDD가 2007년 일반에 상용화할 계획에 있는 점으로 볼 때에 향후의 포터블 저장장치 시장변화는 많은 예측을 가능하게 하고 있다. 삼성전자의 휴대전화기에 초소형 HDD가 장착되어, DMB 및 WiBro 서비스에 대비하는 것도 미래의 정보수요 및 기술추세를 어느 정도 반영한 결과인 것으로 보인다.

포터블 광 저장장치는 현재 미국의 Dataplay 이외에는 상용화된 제품이 없으며, 이것도 극히 일부의 수요층을 가지고 적은 규모의 시장을 형성하고 있으므로 현 시점에서는 광 저장장치의 시장성은 예측하기 어려운 것이 사실이다. 그러나 정보기술의 발전추세와 수요자의 특성변화 등을 고려할 때에 플래시 메모리 및 HDD가 가지고 있지 않은 특성 중의 하나로서 저가격의 데이터 미디어를 대량으로 복제하여 다수의 수요자에게 배포하거나, 대형게임 및 영화 등을 수집, 보관하는 용도로서는 광디스크 저장장치가 가장 뛰어난 기능을 가지고 있다고 볼 수 있다. 광디스크는 가격의 우월성과 디스크의 표준규격화가 가장 큰 장점이며 이를 최대한 활용할 경우 차세대 포터블 저장장치로 큰 각광을 받을 것으로 보인다[13].

이 외에도 SAN과 NAS 등의 네트워크를 기반으로 하는 저장장치의 역할도 무시할 수 없을 것이다. 대용량의 정보를 개인 서버 또는 일정 규모의 공용 서버에 저장하고 개인은 단말기만을 가지고 다니면

서 유무선 네트워크를 통해 접속하여 데이터를 활용하게 되면 구태여 포터블 저장장치를 가지고 다닐 필요가 없어진다는 논리이다. 그러나 이것은 네트워크를 통한 데이터의 다운로드, 업로드 시 시간과 경비가 소요되며, 정보보안의 문제가 발생할 수 있는 가능성이 있어 모든 포터블 저장장치를 대체하기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 이와 유사한 예로 1980년대에 PC 간의 통신기술이 개발되기 시작할 때에 하드 디스크의 용도가 없어질 것이라는 예견이 있었으나, 실제로는 하드 디스크의 용량은 더욱 증대되었고, 용도 또한 다양해진 경험이다.

이 외에도 미래기술로 소개된 바 있는 홀로그래프 메모리 및 탐침형 메모리는 기술개발의 방향 및 특성에 따라 수요층이 정해질 것으로 보인다. 이미 상용화를 발표한 디스크형 홀로그래프 메모리의 경우 현재의 ODD를 대체하는 것보다는 대용량의 데이터를 장기보관하고 검색하는 용도로 활용될 가능성이 많은 것으로 알려져 있고, 탐침형의 경우는 고밀도 대용량을 목표로 하지만 내충격성, 내구성 등의 문제가 해결되어야 그 수요층이 정해질 것으로 판단된다. <표 1>은 현재 시점에서 가능성이 가장 큰 포터블 저장장치의 형태를 상호 비교한 것이다. 이 비교 결과는 시기적으로 계속 변화할 것이며 그 내용도

변화할 것이지만 현시점에서 미래를 예측한 비교결과를 결론에서 논의하기로 한다.

## VI. 결론

개인정보의 중요성이 심화되면서 포터블 저장장치의 수요 및 기능이 새로운 관심사로 등장하고 있다. 이에 따라 현재와 미래를 조망하면서 포터블 저장장치에 대한 기술적 및 경제적인 측면과 수요자의 입장에서 고려한 특성 등을 분석하였다. 플래시 메모리의 경우 메모리 카드로서 사용자의 편의성, 크기, 속도, 소비전력 등 여러 가지 측면에서 가장 큰 시장과 함께 가장 많은 수요를 차지할 것으로 전망된다. 그러나 저장용량이 증가할수록 가격에 대한 부담 또한 증가하게 되는데 초소형 HDD의 경우 가격 대비 용량의 측면에서 메모리카드에 비해 유리한 것이 사실이다. 플래시 메모리의 가격이 빠른 속도로 감소하고 있으나 HDD의 가격 또한 비슷한 추세로 감소하고 있으므로 양대 저장장치의 가격격차는 쉽게 줄어들 것으로 보이지 않는다. 한편 개인 정보가 다양해지고 상호 대용량정보의 교환 및 다수를 위한 배포가 필요할 경우 현재의 메모리 카드나 HDD로는 불가능하므로 이를 위해서는 광디스크 형

<표 1> 포터블 저장장치 기술의 비교

	Optical disk	Magnetic disk	Flash memory	Others
Feature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;30mmØ disc</li> <li>• &gt;1.0GB/side</li> <li>• &lt;U\$1.0/disk</li> <li>• 2005 or later</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.85" HDD</li> <li>• 4.0GB</li> <li>• &gt;U\$100/drive</li> <li>• Now available</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart media</li> <li>• &lt;4.0GB/card</li> <li>• &gt;U\$200/card</li> <li>• Now available</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPM</li> <li>• Hologram</li> <li>• Network storage</li> <li>• 2010 or later</li> </ul>
Strong Points	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low price media</li> <li>• Mass distribution</li> <li>• Robust, long-life</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High capacity</li> <li>• High speed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Small volume</li> <li>• Anti-shock</li> <li>• Easy use</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• For the future</li> <li>• Server storage</li> </ul>
Weak Points	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low speed</li> <li>• Long access time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High price/GB</li> <li>• Anti-shock</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High price/GB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Download time/cost</li> <li>• Security</li> </ul>
For Post-PC in 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Back up of data</li> <li>• A/V entertainment</li> <li>• S/W distribution</li> <li>• Removable high capacity data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixed storage</li> <li>• High capacity record/archive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Removable low capacity data</li> <li>• Easy access, easy use</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Small volume data</li> <li>• Public data</li> <li>• Easy use</li> </ul>
The Winner	Win-Win Strategy, Co-share of the removable mobile storage market. Not competition, but complementary cooperative relationship with own area.			

태의 포터블 광 저장장치가 필요하게 된다. 광디스크는 메모리 카드나 HDD 드라이브에 비해 수십 분의 일에 해당하는 저가격으로 그에 맞는 특성을 살리는 분야에서 수요를 유지할 것으로 보인다. 또한 네트워크 서버를 이용한 저장장치는 정보의 보안문제 및 네트워크 접속에 따른 시간과 경비문제로 대용량 정보보다는 공개적인 소용량 정보의 저장장치로서 유용하게 사용될 것으로 전망된다. 차세대 기술로 기대되는 홀로그래프 및 탐침형 저장장치는 그 기술진행의 방향과 성공가능성에 따라 새로운 수요를 창출하거나 기존 수요를 대체할 것이나 현재로서는 속단하기 어려운 실정이다.

결론적으로는 각각의 포터블 스토리지 기술은 상호 중첩되는 부분이 인정되나 고유의 특성이 있으며, 그 영역 내에서 고유의 저장장치로서 역할을 할 것이고 상호 보완관계를 유지하면서 발전할 것으로 판단된다. 즉, 경쟁관계보다는 win-win 전략으로서 서로 간의 단점을 보완하는 형태로 시장과 기술을 유지할 것으로 전망된다.

### 약어 정리

BD	Blu-ray Disk
CCD	Charge Couple Device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CPU	Central Processing Unit
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
FIB	Focused Ion Beam
HD-DVD	High Density-Digital Versatile Disk
HDD	Hard Disk Drive
NA	Numerical Aperture
NAS	Network Attached Storage
NFR	Near Field Recording
ODD	Optical Disk Drive

RENS	Super resolution Near Field System
SAN	Storage Area Network
SIL	Solid Immersion Lens
SLM	Spatial Light Modulator
SPM	Scanning Probe Memory

### 참고 문헌

- [1] 전자신문, “저장장치, 총성없는 전쟁,” 기획자료 Oct. 2005.
- [2] 과학기술부, “고성능정보처리 및 저장장치 국가기술지도,” 2002.
- [3] Nikkei Electronics Asia, May 2003, p.50.
- [4] 백문철 외, “차세대 PC와 모바일 광저장장치,” 한국광학회 광 정보처리기술 워크샵, 2004.
- [5] 백문철 외, “모바일 정보저장기술의 동향분석,” 주간기술동향-포커스, 제 1118호, 2003, p.1-15.
- [6] M. van der Aa and F. Penning et al., “Highly Miniaturized Prototype Optical Drive for Use in Portable Devices,” *ODS 2003 Conf.*, Canada Vancouver, 2003.
- [7] Y.W. Park et al., “Leaky Mode Directional Coupler for Waveguide Grating Lens,” *Optics Comm.*, Vol. 252, 2005, pp.292-300.
- [8] 박영필 외, “차세대 정보저장시스템 최신기술동향,” 정보저장시스템학회 논문집, 제 1권, 제 1호, 2005, pp.1-22.
- [9] J. Tominaga et al., “An Approach for Recording and Readout beyond the Diffraction Limit with an Sb Thin Film” *Appl. Phys. Lett.*, Vol.73, 1998, p.2078.
- [10] T. Kikukawa et al., “Recording and Readout Mechanisms of Super Resolution Near Field Structure Disc with Silver Oxide Layer,” *Jap. J. Appl. Phys.*, Vol.42, 1-2B, 2003, p.1031.
- [11] J.W. Toigo, “Avoiding a Data Crunch,” *Scientific American*, May, 2000.
- [12] 박영필, “그래도 HDD와 ODD는 중요하다,” 디지털 타임스, Oct. 2005.
- [13] INSIC(Information Storage Industry Consortium) Optical Data Storage Roadmap, Mar. 2003.